



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN ALIMENTADO CON
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UTILIZAR EN PROCESOS DE
CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS EN LA ETAPA DE INICIACIÓN**

Jessicka Mabeline Juárez Dávila

Asesorado por el MSc. Ing. Hugo Leonel Alonzo González

Guatemala, junio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN ALIMENTADO CON
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UTILIZAR EN PROCESOS DE
CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS EN LA ETAPA DE INICIACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JESSICKA MABELINE JUÁREZ DÁVILA
ASESORADO POR EL MSC. ING. HUGO LEONEL ALONZO G.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA

GUATEMALA, JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Raúl Guillermo Izaguirre Noriega
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN ALIMENTADO CON
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UTILIZAR EN PROCESOS DE
CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS EN LA ETAPA DE INICIACIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 25 de abril de 2014.


Jessicka Mabeline Juárez Dávila



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



ADSE-MEAPP-0003-2014

Guatemala, 25 de abril de 2014.

Director:
 Ing. Julio César Campos Paiz
 Escuela de Ingeniería Mecánica
 Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación de la estudiante **Jessicka Mabeline Juárez Dávila** con carné número **2005-11981**, quien opto la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría en Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

Hugo Leonel Alonzo González
 Ingeniero Industrial
 Colegiado No. 8123

MSc. Ing. Hugo Leonel Alonzo G.
 Asesor (a)

Ing. Juan C. Fuentes M.
 M.Sc. Hidrología
 Colegiado No. 2,504

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.
 Coordinador de Área
 Desarrollo social y energético

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
 Directora
 Escuela de Estudios de Postgrado

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 ESCUELA DE POST-GRADO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DE GUATEMALA

Cc: archivo
 /la



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.El.Mecánica 119.2014
Guatemala 10 de junio de 2014

Ingeniero
Hugo Humberto Rivera Pérez
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

Ingeniero Rivera:

De manera atenta le informo que la estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, **Jessicka Mabeline Juárez Dávila**, carnet No. **200511981**, ha cumplido con el proceso de graduación de Licenciatura, mediante la modalidad de "Estudio de Postgrado", presentando a esta dirección su trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA DE CALEFACCIÓN ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UTILIZAR EN PROCESO DE CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS EN LA ETAPA DE INICIACIÓN**, asesorado por el Msc. Ing Hugo Leonel Alonzo y aprobado para la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado.


MA Ing. Julio Cesar Campos Paiz
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica

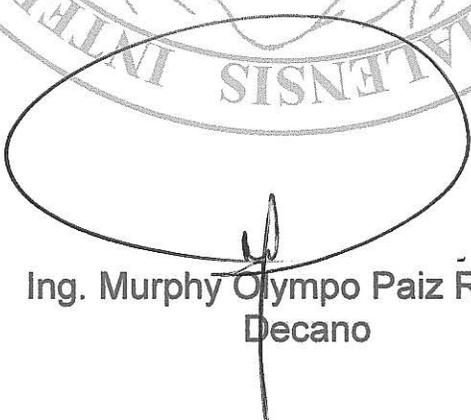
MA Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR
Esc. Ingeniería Mecánica

c.c Archivo
JC/mjm



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN ALIMENTADO CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UTILIZAR EN PROCESOS DE CRIANZA DE GALLINAS PONEDORAS EN LA ETAPA DE INICIACIÓN**, presentado por la estudiante universitaria: **Jessicka Mabeline Juárez Dávila** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, junio de 2014

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por haberme dado la vida, la salud y la fuerza necesaria, para seguir adelante día a día en mis actividades.
Mis padres	José Joaquín Juárez y Mirna Julieta Dávila
Mis hermanos	Douglas Juárez, Jailin Juárez y Jasiel Juárez
Mis familiares	Mis abuelas, tías, tíos, primos y primas.
Mis amigos	Especialmente Ennis Luna, Rony Padilla, Christian Serrano, Christopher García, Rodrigo Ventura, Roger Rodríguez, Eduardo Godoy, Luis Tello, Esteban, Jennifer Garzona y Cesiah de León.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	A quien debo mi existencia en su misericordia infinita.
Mis padres	Todo mi amor y respeto. Gracias por su entrega, dedicación y esfuerzo para brindarme lo mejor de sus vidas,
Mis hermanos y familia	Por su amor fraterno, apoyo y solidaridad.
Mis amigos	Por su amistad sincera y momentos inolvidables.
Mis centros de estudio	Por su entrega, dedicación y sabiduría.
Mis catedráticos y maestros	Por todas las enseñanzas y experiencias vividas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
1. INTRODUCCIÓN	01
2. ANTECEDENTES	05
3. OBJETIVOS	07
4. JUSTIFICACIÓN	09
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
5.1 Definición del problema	11
5.2 Especificación del problema	12
5.3 Delimitación del problema	12
6. ALCANCES	15
7. MARCO TEÓRICO.....	17
7.1. Calefacción.....	17
7.2. Energía solar	18
7.2.1. Medición de la energía solar.....	20
7.2.2. Radiación solar	20

7.3.	Industria avícola	22
7.3.1.	Breve reseña histórica.....	22
7.3.2.	Fases de la explotación avícola	24
7.3.3.	Sistema de explotación avícola	25
8.	CONTENIDO	27
9.	METODOLOGÍA	31
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	37
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	39
12.	RECURSOS NECESARIOS	41
12.1.	Recursos humanos	41
12.2.	Recursos físicos, tecnológicos y materiales.....	41
12.3.	Recursos financieros.....	42
13.	BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

TABLAS

I.	Recursos financieros.....	43
----	---------------------------	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CA	Corriente alterna
CD	Corriente directa
CO₂	Dióxido de carbono
Gb	Gigabite
kg	Kilogramo
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hora
kWh/m²	Kilowatt hora por metro cuadrado
m³	Metro cúbico
MW	Megawatt
RD	Radiación difusa
V	Voltios
W/m²	Vatios por metro cuadrado
Wh/m²	Vatio-horas por metro cuadrado

GLOSARIO

Biomasa	Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.
Combustible fósil	Son las sustancias tales como el petróleo, el carbón mineral, el gas natural y sus variedades, formados a través de largos y complejos procesos geológicos en el interior de la corteza terrestre.
<i>Fuel-oil</i>	Palabra del habla inglesa, llamado en España fuelóleo y combustóleo en otros países hispanohablantes. Es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada.
Gasóleo	Fracción destilada del petróleo crudo, que se purifica especialmente para eliminar el azufre. Se usa normalmente en los motores <i>diesel</i> y como combustible en hogares abiertos.
Irradiancia	Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.

**Radiación
electromagnética**

Es un tipo de campo electromagnético variable, es decir una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro.

Radiancia

El concepto de radiancia se corresponde con el de brillo. Se define como el flujo radiante por unidad de ángulo sólido, que sale de una superficie emisora en una dirección dada, por unidad de área en esa dirección.

Slats

Palabra del habla inglesa, que significa tablillas. Se refiere a la forma de reproducir pollos en secciones cubiertas por tablillas.

RESUMEN

Guatemala es un país que se encuentra privilegiado por tener condiciones climatológicas aptas para poder explotar la energía solar, como fuente de energía en gran parte de su territorio. Pero por distintos factores, esta fuente de energía, hasta hace pocos años se empezó a utilizar de distintas maneras en el país.

En el presente trabajo se investigará un modelo de sistema de calefacción que permita utilizar como fuente de energía la energía solar fotovoltaica, que sea aplicable a la crianza de pollos, enfocándose en las pollas ponedoras de las avícolas.

Se readecuarán las condiciones del proceso, los requerimientos técnicos específicos del mismo. Se analizará el sistema actual y su impacto ambiental, para poder reducirlo a la menor cantidad posible con el diseño del nuevo sistema.

Se presentará la situación del proceso de crianza a un futuro en dos situaciones, con la utilización del diseño y sin ella, haciendo un análisis del impacto ambiental que podría tener el sistema diseñado en su entorno y qué medidas se pueden realizar para mitigar el mismo.

El objetivo general que se busca cumplir es establecer las condiciones y requerimientos técnicos, que permitan mejorar los sistemas actuales de calefacción usados desde el punto de vista ambiental. Además, se busca que el diseño disminuya los gastos de mantenimiento y combustible, que tienen un

importante papel para el proceso, se buscará también disminuir las fallas por el tipo de fuente de energía que tienen actualmente los sistemas de calefacción.

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país que tiene una industria avícola grande, que está en constante crecimiento y desarrollo. El método de crianza de pollos ha tenido cambios conforme el paso del tiempo, los cuales hicieron resaltar la necesidad de mejorar los procesos para minimizar los gastos y los costos de las empresas. Con el objetivo de minimizar en la mayor parte de las etapas de los procesos de crianza de pollos, se presenta la necesidad de sistemas de calefacción con mejores rendimientos; lo que impulso avances tecnológicos en estos sistemas y un consumo de energía mayor en algunas etapas.

En la etapa de crianza de pollos, la industria avícola requiere de grandes cantidades de energía para proveer el máximo confort térmico, calidad de aire y luminosidad adecuada para la aves, en las diferentes etapas de crecimiento y producción, independientemente de las condiciones climáticas externas, la energía también es utilizada para otras actividades como la distribución de alimento, manejo de desechos, procesos de mortalidad y en algunas ocasiones obtener agua. Por lo que la energía es un recurso valioso para los procesos de las industrias avícolas.

Debido a que los costos de la misma tienen la tendencia continuar incrementándose, y que existe actualmente una presión pública para reducir la emisión de olores y gases, incluyendo la producción CO₂, es necesario reducir el uso de energía.

Por lo que se hace necesario encontrar opciones que puedan mantener el confort sin afectar la productividad de las aves, y sobre todo la rentabilidad de las granjas avícolas.

Lo anteriormente descrito motivó la realización de una investigación para encontrar un diseño factible y viable de un sistema de calefacción utilizado en los sitios de crianza de pollos. Tomando en cuenta que el diseño debe ser más eficiente que los sistemas actuales, las mejoras deben enfocarse en mantener los estándares de confort necesarios, sin tener un impacto ambiental alto en su entorno, lo que llevó a elegir la opción de diseñar un sistema de calefacción alimentado con una fuente de energía renovable.

Debido a que Guatemala cuenta con una radiación solar de 5 kWh/m^2 por día, equivale a 5 horas diarias de pleno sol, según los datos de los mapas de radiación solar del Ministerio de Energía y Minas, la cual es suficiente para aprovecharla por medio de equipos de energía solar, se eligió alimentar el sistema a diseñar por medio de la energía solar.

Para realizar la investigación se aplicarán distintos métodos de investigación entre los cuales están: la consulta de fuentes bibliográficas, consulta a profesionales con experiencia en los sistemas de calefacción y en crianza de pollas, entrevistas con el personal que trabaja en estos procesos, de existir se verificarán datos históricos sobre temperaturas de trabajo, fallas, cantidades de combustible consumido.

Luego de recolectar toda la información requerida, se procederá a utilizarla para analizar las posibilidades de mejoras y decidir cuáles son las opciones más adecuadas. Finalmente se estructurará el trabajo quedando este de la siguiente manera:

Esta investigación se presenta en siete capítulos. En el primer capítulo se describen los antecedentes de la investigación, explicando la situación energética en general a nivel mundial y el contexto nacional; presentando los avances y tecnologías que han surgido para el aprovechamiento de energías renovables, enfocándose en la energía solar fotovoltaica que es en la prioridad para esta investigación.

En el segundo capítulo se describirá el marco teórico con el que se presenta qué es la energía solar, sus métodos de medición y aprovechamiento, equipos para utilizar la energía solar a través de paneles solares. También se presentan las normativas y legislación para el uso de equipos fotovoltaicos en Guatemala y la industria avícola; en qué consiste la crianza de pollos, los sistemas utilizados en la actualidad para ese proceso y avances sobre la utilización de energías alternativas dentro de esta industria.

El tercer capítulo presentará los requerimientos técnicos necesarios para cumplir con las condiciones críticas en los galpones o lugares de crianza para mantener el confort de estos. Este es el capítulo en que se delimitarán los estándares que los equipos propuestos en el diseño deben cumplir.

El cuarto capítulo planteará la propuesta de diseño que cumpla con mantener estándares de confort necesarios, que se presenten en el capítulo tres, dentro de los lugares de crianza. El diseño se enfoca en cumplir con los requerimientos y tener un impacto ambiental bajo en su entorno.

En el quinto capítulo se presentará la situación del proceso de crianza a un futuro en dos situaciones, con la utilización del diseño y sin ella, haciendo un análisis del impacto ambiental que podría tener el sistema diseñado en su entorno y qué medidas se pueden realizar para mitigar el mismo.

Finalmente, los capítulos seis y siete mostrarán la presentación y discusión de resultados, respectivamente, seguidos de las conclusiones de la investigación y las recomendaciones.

2. ANTECEDENTES

En el artículo *La energía solar y sus aplicaciones en la avicultura* (Del Pozo, Domingo, 1979) se documenta la existencia de la utilización de la energía solar para la producción de calor en los locales de explotación ganadera y en avícolas de España, como parte de los avances tecnológicos del país. Este artículo explica el método de pisos radiantes para disminuir las pérdidas de energía en los recintos de crianza y los beneficios tanto económicos como ambientales que estos tienen.

En países americanos también se ha utilizado este tipo de tecnologías, un artículo nombrado: *Ahorro energético en granjas avícolas* presentado en el XLVI Symposium Científico de Avicultura, celebrado en Zaragoza en el 2009, por el profesor Edgar Oviedo, de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, Estados Unidos; describe los puntos clave en que se puede ahorrar en los procesos de las granjas avícolas. Se hace énfasis en el uso de la energía solar y sistemas más eficientes desde todo punto de vista pero especialmente desde el uso de la energía.

De acuerdo al documento que desarrolla el tema de las granjas solares en México, publicado en la página de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGAPAR, en ese país el sector del agro negocio ya ha manifestado su preocupación por el medio ambiente y por parte de la Asociación de Avicultores en Tehuacán, Puebla, se han presentado propuestas de granjas que utilicen la energía solar fotovoltaica con el objetivo de reducir los riesgos que conlleva al alto consumo de combustibles fósiles y sustituirlos por uso de energía de fuentes renovables.

En Guatemala, el Decreto Ley 20-86 impulsa y coordina la acción de los ejecutores de proyectos con los que se aprovechen los recursos renovables del país (la radiación solar, el viento, el agua, la biomasa y cualquier otra fuente energética, exceptuando la nuclear y la producción por hidrocarburos). “Dentro del marco del Decreto Ley 20-86 se han aprobado hasta el momento 31 proyectos de fuentes renovables de energía, los que juntos suman alrededor de 280 MW, a realizarse en término de 3 años. De estos, 11 son de hidroenergía, 15 de biomasa y 5 de energía solar” (FAO Guatemala, S.F).

La energía solar se utiliza en hogares particulares y en industrias de distintos tipos; y de acuerdo a la tesis de Díaz Castillo, Oscar Marcel, *Diseño de un sistema fotovoltaico residencial con capacidad para venta de energía a la red de distribución* del 2005, existen proyectos grandes de energía solar desde el 2001 los cuales se enfocan en la generación de energía para domicilios o para empresas de distintas industrias pero en las industrias avícolas guatemaltecas aun se sigue usando gas propano para generar energía.

Existen en el mercado guatemalteco varios proveedores de los insumos necesarios para realizar proyectos de distintos tamaños con energía solar, entre los que se puede mencionar empresas como Emersol, SADEESA, Soluciones Energéticas, entre otras, estas empresas ofrecen diversos equipos energéticos en el país desde la década de los 90. El mercado nacional ofrece equipos hechos en el país y de importación, de acuerdo a las necesidades y presupuesto de sus clientes.

3. OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de calefacción alimentado con energía solar fotovoltaica para utilizar en el proceso de crianza de pollas ponedoras en la etapa de iniciación, que cubra las necesidades requeridas e incrementando la eficiencia energética del proceso.

Específicos

1. Especificar los requerimientos energéticos de la etapa de iniciación del proceso de crianza de pollas ponedoras.
2. Determinar el grado de eficiencia del proceso de crianza de pollas ponedoras, a través de un diagnóstico energético del sistema de calefacción tradicional utilizado.
3. Describir los diferentes tipos de sistemas de calefacción que pueden ser utilizados según los requerimientos energéticos de la etapa de iniciación del proceso de crianza de pollas ponedoras.
4. Determinar si la energía solar fotovoltaica es la adecuada para alimentar sistemas de calefacción para el proceso de crianza de pollas ponedoras.

4. JUSTIFICACIÓN

Debido al cambiante precio de los combustibles fósiles y, a la presión social y gubernamental para que las empresas utilicen métodos que reduzcan el impacto ambiental de sus procesos; nace la necesidad de diseñar sistemas con equipos que cumplan con los requerimientos ambientales que la legislación guatemalteca dicte según el caso.

Para el caso particular de la industria avícola, debido a su necesidad de grandes cantidades de energía para suministrar el máximo confort térmico, calidad de aire y luminosidad adecuada para las aves, el costo de la misma juega un papel crítico para los gastos y costos de los procesos. Por lo que se hace necesario encontrar opciones que puedan cubrir las necesidades de sus procesos, sin ser afectados la productividad de las aves y la rentabilidad de las empresas.

De acuerdo a la línea de investigación de diseño y operación de proyectos solares y eólicos, de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, se plantea la investigación para el desarrollo un diseño de un sistema de calefacción alimentado con energía solar fotovoltaica para ser utilizado en el procesos de crianza de pollas ponedoras en la etapa de iniciación, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética del sistema cubriendo los requerimientos del proceso, reduciendo el consumo energético y el impacto ambiental del proceso, a través del reemplazo de la fuente energética tradicional (gas propano) por la de energía solar fotovoltaica.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

5.1. Definición del problema

En todo proceso industrial hay dos objetivos fundamentales: la reducción de costes y la eficiencia energética de sus procesos, la industria avícola también tiene estos objetivos para la producción de sus productos.

En la industria avícola el sistema de calefacción tiene un gran impacto en los costos de sus procesos, por lo que es un punto crítico que incluye no solamente al sistema de producción de calor, sino la forma en la que este se distribuye dentro de las áreas y la eficiencia energética va a depender en gran medida del sistema empleado.

Dada su importancia se ha hecho necesario plantear alternativas de calefacción que cumpla con los siguientes principios:

- Reducción del consumo energético y del coste.
- Reutilización energética.
- Reemplazo de fuentes energéticas por otras de menor impacto en la producción de CO₂.

Debido a que en la mayoría de las industrias avícolas guatemaltecas los sistemas de calefacción utilizados no cumplen con estos principios, surge la necesidad de diseñar alternativas de sistemas que cubran las necesidades de estas.

5.2. Especificación del problema

Uno de los factores más críticos en el proceso de crianza de pollos es el ambiente en el que se crían, y de este factor lo más grave es la temperatura y humedad relativa del mismo. Por esta razón que la calefacción de los recintos juega un papel muy importante para tener menos pérdidas de pollos.

El realizar procesos con equipos de antiguos implica tener en muchos casos una alta variabilidad de temperaturas, debido a que al terminar su tiempo de vida útil los equipos dejan de cumplir con los requerimientos necesarios para los procesos, por todo eso se va haciendo necesario la actualización de los equipos, para evitar mayores gastos de mantenimiento, aumento de fallas, pero sobre todo un aumento en el gasto de combustible y de las emisiones de CO₂ del equipo al ambiente.

Para poder reducir costos e impacto ambiental, es importante diseñar sistemas que se alimenten de energía procedente de otras fuentes distintas a la de combustibles fósiles, para poder dar opciones de mejoras a las empresas guatemaltecas.

5.3. Delimitación del problema

Unidad de análisis

El trabajo consiste en diseñar un sistema de calefacción alimentado con energía solar fotovoltaica que será utilizado en el proceso de crianza de pollas ponedoras durante su etapa de iniciación en la industria avícola; para lo cual se tomarán en cuenta las siguientes unidades de análisis:

- Humanos: entrevistas a profesionales de las áreas de veterinaria, agrónomos e ingenierías, técnicos en sistemas de calefacción, personas con experiencia laboral en el proceso de crianza de pollos.
- Materiales: trabajos de investigación relacionados con el tema, revistas tecnológicas y de temas de avicultura, diccionarios especializados, videos sobre los temas de avicultura y calefacción, manuales de los temas involucrados, folletos informativos.

Ámbito geográfico

Debido a que para esta investigación es necesario tomar en cuenta factores de clima, se delimita a realizarla en industrias avícolas que laboren dentro del perímetro de la ciudad de Guatemala, del departamento de Guatemala.

Por todo lo anterior, el problema a investigar se formula de la siguiente manera:

¿El diseño de un sistema de calefacción alimentado con energía solar fotovoltaica para ser utilizado en el proceso de crianza de pollas ponedoras durante su etapa de iniciación en la industria avícola, cubrirá las necesidades requeridas y mejorará la eficiencia energética del proceso?

Y como preguntas auxiliares se plantean las siguientes:

- ¿Qué necesidades energéticas existen en la etapa de iniciación del proceso de crianza de pollas ponedoras?
- ¿Cuál es el grado de eficiencia de los sistemas de calefacción tradicionales utilizados en el proceso de crianza de pollas ponedoras?

- ¿Qué formas de energía solar se pueden utilizar para alimentar sistemas de calefacción para este proceso?
- ¿Existe más de un tipo de sistemas de calefacción que pueda ser utilizado en este proceso?

6. ALCANCES

En la realización de este diseño de investigación, se utilizará una investigación no experimental, basada en datos cuantitativos (estadísticas, datos bibliográficos, datos técnicos, etc.) para definir los requerimientos de diseño de un sistema de calefacción utilizado en el proceso de crianza de pollas ponedoras en la avícola Las Delicias, S. A, que está ubicada en la zona 18, aldea las Tapias, Guatemala.

Desde el punto el panorama técnico se delimita la investigación a realizar solamente el diseño, los esquemas y cálculos teóricos, de un sistema de calefacción alimentado con energía solar fotovoltaica; no se realizará una implementación ni estudios posteriores, debido a que solo se pretende plasmar la base para proyectos de implementación de este tipo de sistemas futuros, que de acuerdo a las necesidades podrían necesitar ser modificados.

Para el diseño se aplicarán los conocimientos profesionales de la carrera de Ingeniería Mecánica y la Maestría de Energía y Ambiente. Se pretende contribuir para futuras investigaciones sobre sistemas que utilicen como fuente de energía la radiación solar, para alimentar sistemas de calefacción tanto en el proceso de crianza de pollas como en otros proyectos similares.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Calefacción

La calefacción, es un “conjunto de aparatos destinados a calentar un edificio o parte de él” (Diccionario RAE). Es también una forma de climatización que se utiliza para mantener un equilibrio térmico cuando existe una pérdida corporal de calor, por la disipación de esta en el ambiente, por medio de realizar un aporte térmico que permite una temperatura ambiente confortable; en el caso de este trabajo, la ideal para criar pollos.

Existe una amplia gama de sistemas de calefacción y cada una de las diferentes instalaciones térmicas pueden utilizar un tipo de combustible diferente, entre los tipos de combustibles usados para sistemas de calefacción están:

- Combustibles sólidos
 - Carbón (combustible fósil)
 - Biomasa
 - Leña
- Combustibles líquidos
 - Gasóleo
 - *Fuel-oil*
- Combustibles gaseosos
 - Gases licuados de petróleo (butano y propano)
 - Gas natural
- Energía solar

- Biomasa
- Electricidad

En Guatemala los combustibles sólidos y gaseosos son los más utilizados para alimentar los sistemas de calefacción en general.

Para esta propuesta se plantea la utilización de la energía solar como medio de alimentación del sistema a diseñar.

7.2. Energía solar

La energía solar es “la obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol” (Rierti, 2012).

Un recurso renovable es aquel “recurso natural que administrado de manera racional es ilimitado, ya que la cantidad disponible no depende del nivel de extracción ni del consumo” (Echeverría, 2004), por lo que la energía solar es considerada un recurso de este tipo.

Existen dos tipos de energía solar, la fotovoltaica y la térmica. Los dos tipos de energía se pueden definir de la siguiente manera:

Energía solar fotovoltaica

De acuerdo con Ríos (1999); “un sistema fotovoltaico, es una completa fuente de energía eléctrica que con la ayuda de celdas solares convierte directamente los rayos provenientes del sol en electricidad, un sistema fotovoltaico es conocido como sistema PV (photovoltaic)”.

Los sistemas de este tipo funciona sin necesidad de los combustibles que generalmente se utilizan en otros sistemas de generacion de energía, por lo que no provoca una contaminacion ambiental con el uso de los mismos.

Debido a su bajo impacto ambiental y a que requieren un mantenimiento mínimo, son considerados actualmente como una gran alternativa muy viable para la generacion de energía.

Según García en el documento *Caracterización Energética de Guatemala* (2008), dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Lámparas portátiles.
- Sistemas individuales de Corriente Directa (CD) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas individuales de Corriente Alterna (CA) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas centralizados aislados de la red.
- Sistemas centralizados conectados a la red.

Energía solar térmica

“La energía solar térmica designa todas las tecnologías que, utilizando como fuente la radiación del sol, transforman su energía en calor utilizable para satisfacer directamente cualquier necesidad calorífica (calentamiento del aire, del agua y enfriamiento del aire) o para producir electricidad o combustibles, además, podrían incluirse las tecnologías que concentran la

energía solar, y otros conceptos como las centrales de torre y la energía térmica de los océanos” (Romero, 2009, p.14).

Es una forma de energía que ayuda a minimizar el uso de combustibles fósiles. En el documento *Aprovechamiento de la energía solar* realizado por el Ayuntamiento de Pamplona (sin fecha), se estima que el ahorro de un sistema solar térmico de 850 kWh es equivalente a:

- 91 litros de *fuel-oil*
- 101 m³ de gas natural.
- 940 kWh de electricidad
- 306 kg de reducción de emisiones de CO₂

7.2.1. Medición de la energía solar

De acuerdo a la posición de un lugar en la tierra así es la intensidad del flujo energético solar que incide en él; entre más cerca del ecuador esta, la luz solar llega de forma más perpendicular, una intensidad más alta.

Otros factores que varían la intensidad son la época del año, el momento del día y las condiciones atmosféricas. Para medir la intensidad de la radiación solar, se conoce como radiancia o irradiancia y se mide en vatios por metro cuadrado (W/m²).

7.2.2. Radiación solar

De acuerdo con la guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica de SEDIGAS (2003) “La energía más abundante en el planeta Tierra es la radiación solar, emitida por la estrella central del sistema planetario, el Sol.”

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. En términos técnicos, es la energía solar que incide en una placa plana de un metro cuadrado. Debido a que la posición de la tierra con respecto al sol cambia constantemente, el ángulo de incidencia de la luz solar sobre la superficie cambia según la hora del día y según el día del año. Razón por la cual la orientación y la inclinación de la superficie determinan la cantidad de energía solar que recibe.

En general, se entiende por radiación solar el promedio diario de la irradiancia que incide sobre una superficie plana de un metro cuadrado. La radiación se mide entonces en vatio-horas por metro cuadrado (Wh/m^2). Es un dato importante para diseñar sistemas solares, porque representa la energía que se puede aprovechar.

De acuerdo con De León (2008), hay dos tipos de radiación: “La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La radiación difusa RD es aquella que está presente en la atmósfera gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar de las nubes y otros elementos atmosféricos y terrestres”. La diferencia entre ellas radica según el autor en que “la radiación directa es direccional y puede reflejarse y concentrarse, mientras que la difusa no, pues es omni-direccional.”

En Guatemala la radiación solar en promedio da una irradiancia de 4,5 a 6,95 kW por hora por metro cuadrado por día y por medio de paneles solares se puede transformar en energía eléctrica, que puede ser suministrada a 12 voltios (V) o al voltaje que sea requerido por los usuarios.

7.3. Industria avícola

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española, se define como industria lo siguiente: “Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales.”

La industria avícola es la utilización de técnicas de avicultura para la explotación de aves (pollos) y el aprovechamiento de sus productos derivados. La avicultura, es, de acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española, “El arte de criar y fomentar la reproducción de las aves y de aprovechar sus productos”. De acuerdo con el documento *Análisis de sostenibilidad de la industria avícola de Guatemala*, esta industria es “una de las fuentes de carne de mayor y más rápido crecimiento en el mundo. Representa alrededor de un 22 por ciento de la producción mundial de carne y se ha triplicado en los últimos veinte años” (Pérez, 1997, p.7).

7.3.1. Breve reseña histórica

Realizando un resumen de lo expuesto en la tesis de Leiva (2009): “La avicultura no son técnicas recientes, la domesticación de aves inicio en países como India y China hace mas de 8 000 años. Estas prácticas iniciales se trasladan a Europa a través de las tribus nómadas y se tiene la creencia que la avicultura tuvo su mayor dispersión en la Edad de Hierro.

Fue hasta varios años después (1 000 años A. C.) que la las culturas egipcias y chinas comienzan a utilizar métodos de incubación artificial. Al inicio, los chinos incubaban por medio de capas de estiércol o de arcilla, y la fuente de calor era fuego regulado con ventilación; simultáneamente los egipcios usaron

incubadoras de tierra o barro tipo ladrillo, las incubadoras de esos tiempos eran verdaderas habitaciones, muy parecidas a las incubadoras modernas.

Las primeras incubadoras movidas por medios eléctricos surgen en 1922, siendo este el punto de partida para el inicio de la fabricación de incubadoras que fueron mejorando con el tiempo. En todo el mundo la industria avícola se fue tecnificando y mejorando según los avances tecnológicos hasta las técnicas aplicadas hoy en día”.

En Guatemala, la historia de la avicultura tiene dos grandes épocas: la etapa ancestral o de campo, se remonta a la época de la colonia y en esta las aves eran traídas de Europa por lo que se tenían resultados en a pequeña escala, la producción era realizada a nivel familiar y de autoconsumo; la segunda época es la avicultura tecnificada que se inicia por los años de 1950, los procesos se basan en adelantos especializados de explotación de aves con resultados óptimos.

De acuerdo con la tesis de Leiva Valle, la avicultura en Guatemala “ya es una industria consolidada con alrededor de 820 granjas en todo el país (420 granjas de pollo de engorde), proporcionando 35 000 empleos directos permanentes y 250 000 indirectos” (Leiva, 2009, p.5). El futuro de la avicultura en Guatemala es prometedor, si se parte del crecimiento de la población y tomando en cuenta que en la actualidad los productos de las industrias avícolas cuentan con un mercado muy grande.

7.3.2. Fases de la explotación avícola

En la actualidad las unidades avícolas en su mayoría únicamente se dedican a una o varias fases de todo el proceso de explotación de aves; que va desde la incubación-nacimiento del ave hasta el destace de los pollos de engorde, o a la obtención de huevos comerciales para el consumo humano.

La avicultura se divide en tres fases importantes: selección o genética, multiplicación o reproducción y la crianza.

Genética: para la avicultura, es el estudio de las características de tamaño, peso y calidad de carne de pollo o huevos para el consumo humano.

Esta actividad es desarrollada en empresas multinacionales europeas y de Estado Unidos, en las que se practica la mejora constante de razas para obtener ejemplares selectos destinados exclusivamente a la reproducción. Debido a que para este tipo de actividad necesita de altos niveles de tecnificación, esta no es realizada en Guatemala.

Reproducción: se refiere a multiplicar las aves seleccionadas y producidas en la fase anterior, determinadas compañías se dedican para producir carne y otras huevos.

Crianza: en esta fase se pueden integrar todas aquellas granjas que se dedican a criar aves con las siguientes finalidades:

- Granjas de cría y recría: su finalidad es la crianza de pollitas hasta el momento que son destinadas a la puesta.

- Granjas de postura: en estas granjas se reciben aves de dieciocho a veinte semanas de vida, poco antes de que estén listas para la producción de huevos.
- Granjas de engorde: en estas granjas se trabaja con pollos de engorde para el consumo de carne, que dura aproximadamente de seis a siete semanas

7.3.3. Sistemas de explotación avícola

El término “sistemas de explotación avícola” se refiere a “las técnicas existentes para el aprovechamiento de las aves y sus productos” (Leiva, 2009, p.5), entre las que se encuentran:

Explotaciones en *slats*: se utilizan reglas de madera en forma de emparrillado, sobre el nivel del piso; sobre estas parrillas se colocan los comederos, bebederos y nidales para obligar a las aves a que pasen ahí la mayor parte del tiempo.

Explotaciones en jaula: tipo de explotación muy antigua; su uso permite una intensificación de las explotaciones, ya que se explota el espacio aéreo más que el horizontal. El éxito de este sistema está en la selección que se haga de los materiales, tales como la galvanización de la malla y el alambre de las jaulas, para garantizar su durabilidad. Este tipo de explotación se utiliza generalmente para aves ponedoras (producción del huevo comercial).

Explotaciones en piso: este sistema es el más conocido y antiguo, puede ser utilizado tanto para la postura como para el engorde; en Guatemala la mayoría de avicultores se han iniciado con aves de piso y han adoptado paulatinamente

otros sistemas a medida de su experiencia y recursos, sin embargo, sigue prevaleciendo este prototipo de explotación en la industria avícola.

Existen reglas básicas para la crianza de pollos, entre los puntos más importantes a cuidar según las reglas están: agua y alimento, bioseguridad y clima. Los puntos anteriores son importantes, sin importar el método de crianza a utilizar, si se quiere tener una operación avícola exitosa, con retornos económicos apreciables. Siendo uno de los puntos más críticos es el clima, por lo que se debe monitorear constantemente la temperatura del lugar, para lo que se utilizan sistemas de calefacción que mantengan esta en 37 °C, con el menor rango posible de variabilidad.

8. CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

- 1.1. Situación energética internacional
 - 1.1.1. A escala mundial
 - 1.1.2. A escala latinoamericana y el Caribe
 - 1.1.3. A nivel centroamericano
- 1.2. Situación energética en Guatemala

2. MARCO TEÓRICO

- 2.1. Energía solar
 - 2.1.1. Aprovechamiento de la radiación solar
 - 2.1.2. Métodos de medición de la energía solar.
 - 2.1.3. Energía fotovoltaica
 - 2.1.3.1. Requerimientos técnicos generales
 - 2.1.3.2. Equipos fotovoltaicos
 - 2.1.3.3. Paneles solares

- 2.1.4. Normativas
 - 2.1.4.1. Internacionales
 - 2.1.4.2. Nacionales
- 2.1.5. Legislación guatemalteca
- 2.2. Industria avícola
 - 2.2.1. Sistemas de explotación avícola
 - 2.2.2. Crianza de pollas ponedoras
 - 2.2.2.1. Factores críticos
 - 2.2.2.2. Lineamientos técnicos
 - 2.2.3. Métodos de sistemas de calefacción
 - 2.2.4. Energías alternativas en granjas avícolas
 - 2.2.4.1. A escala mundial
 - 2.2.4.2. A escala latinoamericana y el Caribe
 - 2.2.4.3. A nivel centroamericano
- 3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS
 - 3.1. Demanda del proceso
 - 3.2. Factores críticos del proceso
 - 3.3. Materiales
 - 3.4. Personal requerido
- 4. PROPUESTA DE DISEÑO
 - 4.1. Diseño propuesto
 - 4.2. Costos
- 5. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL
 - 5.1. Situación con sistema tradicional
 - 5.2. Situación con sistema diseñado
 - 5.3. Identificación preliminar del impacto ambiental

5.4. Medidas de mitigación del impacto ambiental

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

Este diseño de investigación se realizará utilizando un modelo de estudio no experimental cuantitativo, para el cual se consideran como variables los costos de mantenimiento y manejo y la eficiencia del sistema, ambas son variables dependientes que están sujetas a la variable de que “tipo de sistema de calefacción (según su tipo de alimentación eléctrica)” sea utilizado.

Los indicadores a utilizar para cada variable son; en el caso de los costos de mantenimiento y manejo, se medirán a través de cuatro indicadores que son los costos fijos, costos variables, costos financieros y los costos por fallos, cada uno de ellos calculados teóricamente para el sistema planteado en el trabajo y comparados con datos de un sistema de calefacción tradicional alimentado con combustible gas propano.

Para la variable de eficiencia, sus indicadores son la demanda energética del sistema de calefacción, capacidad energética del sistema de alimentación; además se medirá la variabilidad teórica de temperatura debido a que de esta depende que la producción de crianza de pollos(as) sea rentable.

El proceso de investigación constará de cinco etapas, las cuales son investigación preliminar, recolección de datos, depuración de información, diseño y conclusiones, y redacción.

Investigación preliminar: durante esta etapa se buscará la información necesaria de los temas: el proceso de crianza de pollas ponedoras y sistemas de generación de energía por medio de energía solar. Se enfocará en definir

qué datos son necesarios investigar en la siguiente etapa para encontrar la eficiencia energética práctica y teórica de sistemas usados en la actualidad en la avícola Las Delicias, S. A., también la eficiencia teórica de diseño para el modelo que se propondrá.

Etapa de recolección de datos: consiste en la recolección de información de fuentes tanto primarias como secundarias, de acuerdo a lo que se necesitará según la etapa anterior.

Para conocer requerimientos energéticos de la etapa de iniciación del proceso de crianza de pollas ponedoras se realizará una investigación teórica sobre las condiciones que se deben cumplir; una investigación de campo sobre los sistemas utilizados, tomando datos de los consumos de estos y el manejo de los mismos.

En la investigación de campo también se tomarán datos para elaborar el diagnóstico energético del sistema de calefacción utilizado tradicionalmente, para completar se utilizarán como bases los lineamientos técnicos y las normativas respectivas y se diagnosticará en comparación con los estándares utilizados, para sistemas del mismo tipo y con el mismo propósito a nivel mundial.

Se tomará como modelo el sistema de calefacción alimentado con gas propano usado en la avícola Las Delicias, S. A., que está ubicada en la zona 18, aldea las Tapias, Guatemala, con el fin de poder tomar los datos base para el diseño de los requerimientos promedio de esta empresa. Para elaborar las actividades de esta etapa se utilizarán las siguientes técnicas para obtención de información.

- Observaciones: serán tanto del tipo directas como indirectas. Las directas serán del tipo no participativas, se realizarán con el personal de la avícola Las delicias, S. A.; las indirectas serán a través de consultas a expertos y personal involucrado en el proceso.
- Análisis de documentos: se realizará una indagación sobre los documentos relacionados con el tema de investigación, para poder analizar datos y resultados obtenidos en proyectos similares realizados anteriormente, requisitos teóricos de las técnicas que se apliquen en el diseño, entre otros aspectos.
- Entrevistas: se utiliza este método para recabar información en forma verbal y escrita, se utilizara el modelo de entrevistas estructuradas que se formularán a personas experimentadas en el tema, profesionales que las áreas de Veterinaria e Ingeniería Mecánica. Las entrevistas se realizarán en forma individual a los profesionales y a los encargados de las áreas de crianza de pollos en la avícola Las delicias, S. A.
- Fichaje: se utilizará para la recopilación y registro de información, serán de distintos tipos: de síntesis, resumen, comentarios, críticas y cualquier otro tipo que sea necesario según la información que se encuentre.
- Estadísticas: es la presentación de datos obtenidos durante la investigación y datos históricos de información sobre temperaturas con que trabajan los sistemas de calefacción actuales, porcentajes de enfermedades y mortandad, con el fin de facilitar su interpretación.
- Gráficas: permitirán la mejor interpretación de los datos de los cuadros de las estadísticas, y se podrán aplicar medidas de tendencia (moda,

mediana y media aritmética, medidas de correlación, intervalos) en los casos que sean requeridos.

- Depuración de información: en esta etapa se filtrará toda la información recolectada de la etapa anterior. Se organizará por tema requerido, para determinar los requerimientos energéticos, diagnóstico energético del proceso actual, requerimientos técnicos y teóricos de un sistema de generación de energía fotovoltaica.

Durante esta etapa según la información recaudada, se realizará el diagnóstico energético del sistema utilizado en el proceso de crianza de pollas ponedoras para poder determinar con qué eficiencia trabaja el sistema. Además de determinar los requerimientos energéticos del mismo.

Etapa de diseño y conclusiones: para esta etapa se realizarán los cálculos para especificar los equipos para el sistema, al tener detallado todos los requerimientos se efectuará una evaluación de todas opciones con sus respectivos costos, para lo que se realizará la averiguación de los proveedores y/o distribuidores de los equipos y materiales necesarios, realizando las cotizaciones respectivas.

Con el diseño realizado se procede a concluir y comparar las eficiencias del sistema usado actualmente y el propuesto. También se determina qué tipos de sistemas de calefacción, aparte del propuesto, pueden ser utilizados para el proceso que se lleva realizado.

Se determinará qué tipos de sistemas de calefacción son adecuados para el proceso según los requerimientos energéticos que se enumeraron en la etapa anterior. Finalmente se decidirá si la energía solar fotovoltaica es la

adecuada opción para alimentar el diseño realizado, esto por medio de comparación de la situación a futuro con el sistema actual usado y el sistema con el diseño realizado.

Etapa de redacción: se plasmará en un informe final los resultados de la investigación.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

El análisis utilizado es de tipo cuantitativo ligado a la hipótesis. Los métodos utilizados para analizar los resultados de la investigación serán los proporcionados por la estadística descriptiva, realizando análisis del tipo descriptivo e inferencial según sea el caso para las variables utilizadas.

Las técnicas estadísticas que se aplicarán para el manejo de datos históricos sobre el sistema de calefacción actualmente utilizado en la avícola Las Delicias, S. A., para la crianza de pollas ponedoras. Se realizarán cálculos de las medias, medianas y varianzas de los datos críticos, para poder describir el comportamiento de los equipos y en los casos donde no estén establecidos límites de trabajo poder establecerlos según el comportamiento histórico en combinación con datos teóricos.

También se aplicará la estadística para establecer tamaños de muestras y la elección de estas, así como el modelo las encuestas de acuerdo al grupo en que se enfoque (profesionales de ingeniería, profesionales veterinarios, trabajadores de la avícola, entes administrativos).

Lo anterior será orientado a evaluar las variables de temperatura y humedad relativa de los galpones, porcentaje de mortandad de pollas, costo de la energía utilizada por la calefacción del sistema, costos de mantenimiento.

Las variables de temperatura y humedad relativa de galpones, y porcentaje de mortandad de pollas, se tomará en muestras del tamaño resultante del análisis estadístico respectivo para esto, con los datos se

realizará el análisis de la temperatura y humedad relativa promedio, los límites de éstas y la media, para entender su comportamiento y establecer los datos con lo que se diseñará, de acuerdo a las temperaturas y humedades donde los porcentajes de mortandad sean los más bajo posibles.

En cuanto a las variables de costos de energía y mantenimiento servirán de referencia para comparar con los datos teóricos del diseño propuesto, y poder ampliar la información de las necesidades de mantenimiento que el sistema necesita.

En resumen, se realizará una comparación con los datos teóricos y reales de un sistema de calefacción en funcionamiento pero alimentado con gas propano contra un sistema alimentado por energía solar. También se efectuará un análisis de las gráficas teóricas y calculadas con datos específicos del diseño. Con los resultados de los distintos análisis se podrá refutar o aceptar la hipótesis.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	Mes	1				2				3				4				5				6			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Actividades	Investigación preliminar	■	■	■																					
	Crianza de pollas	■																							
	Sistemas de calefacción		■																						
	Energía solar			■																					
	Recolección de datos				■	■	■	■	■	■	■	■	■												
	Entrevista a profesionales				■	■																			
	Profesionales con experiencia en calefacción				■	■																			
	Profesionales con experiencia en sistemas fotovoltaicos				■	■																			
	Avicultores				■	■																			
	Observaciones y toma de datos en galpones					■	■	■																	
	Recopilación de información								■																
	Análisis de requerimientos técnicos								■	■															
	Análisis de información faltante								■	■															
	Depuración de información											■	■	■	■	■	■								
	Teóricos											■													
	De profesionales del área											■													
	Observaciones											■	■	■											
	Recopilación de nueva información.												■	■											
	Diagnostico energético																■								
	Calculo de eficiencia energética																■								
Determinación de requerimientos																■									

Mes	1				2				3				4				5				6							
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
energéticos																												
Diseño y conclusiones																												
Diseño del sistema																												
Consultas con profesionales sobre el sistema propuesto																												
Conclusiones																												
Determinar sistema de calefacción																												
Comparación de propuesta y situación sin propuesta																												
Conclusiones generales																												
Redacción de informe final																												
Ordenar información																												
Redacción de informe																												
Verificación de redacción y ortografía																												
Impresión																												

12. RECURSOS NECESARIOS

12.1. Recursos humanos

Un investigador de tiempo completo, con licenciatura en ingeniería será el encargado de realizar los trabajos necesarios para esta investigación y que cuente con las referencias de profesionales con experiencia en temas de crianza de pollos(as), calefacción y energía solar.

Se cuenta con un profesional con título de maestría y experiencia en el campo de energías, que ejecutara el papel de asesor del trabajo de investigación, para lo cual se deberá pagar una cantidad de Q. 2 500,00, por hasta un año máximo de trabajo, esta cantidad puede aumentar si el trabajo demora más del tiempo del plazo acordado.

12.2. Recursos físicos, tecnológicos y materiales

Físicos

Será necesario contar con un espacio de trabajo, para la tabulación de datos, ejecución de cálculos y redacción de informe final, para esto se cuenta con el inmueble apto para las necesidades y que no tendrá costo alguno para el proyecto.

Tecnológicos

Los insumos tecnológicos que se utilizarán serán un computador, grabadora de voz, cámara digital fotográfica y cámara videograbadora. De estos cuatro insumos se alquilará solamente la grabadora de voz, esta se utilizará solamente en la etapa inicial del proceso que durará aproximadamente unos seis meses teniendo un costo total de Q 600,00.

Materiales

Se utilizarán diversos materiales: 250 hojas de papel bond blanco de 80 gramos tamaño carta, esta cantidad podría variar es solo un cálculo promedio; también se utilizarán dos bolígrafos, dos borrador, un portaminas 0,5 mm y una memoria USB con capacidad de 2 Gb mínimo. Los precios de estos insumos se presentan en la tabla de recursos financieros.

Se necesitará impresiones de documentos como encuestas, gráficas, libros, entre otros, por lo que se calcula un promedio de unos Q 50,00 mensuales y un costo de Q 80,00 para la impresión de informe final.

12.3. Recursos financieros

Los recursos financieros para el estudio están en la siguiente tabla.

Tabla I. Recursos financieros

Cant.	Tiempo (Meses)	Concepto	Precio/ Unidad / Tiempo	Total
250	-----	Hojas de papel Bond blanco , 80 gramos, tamaño carta	Q0.09	Q22.50
2	-----	Bolígrafo	Q1.00	Q2.00
2	-----	Borrador	Q1.00	Q2.00
1	-----	Portaminas 0.5 mm	Q8.00	Q8.00
1	-----	Memoria USB con capacidad de 2Gb	Q85.00	Q85.00
-----	8	Costo mensual aproximado de transporte	Q300.00	Q2,400.00
-----	8	Impresiones de documentos	Q50.00	Q400.00
-----	-----	Impresión informe final	---	Q80.00
1	12	ASESOR	Q208.33	Q2,500.00
1	6	Alquiler Grabadora	Q100.00	Q600.00
		TOTAL PARCIAL		Q6,099.50
		10 % POR IMPREVISTOS		Q609.95
		TOTAL		Q6,709.45

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustín, C. (Sin Fecha). *Cálculo de una instalación solar térmica y fotovoltaica*. (Tesis de licenciatura). Universidad De Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cienfuegos, Cuba
2. Alfredo, J. Ml. (2011). *Producción y comercialización de pollos criollos, en la aldea san pablo, ixcán, el quiché*. (Trabajo final para Técnico universitario). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
3. Asociación Española del Gas, SEDIGAS. (2013). *Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica*. España.
4. Ayuntamiento de Pamplona. (Sin Fecha). *Aprovechamiento de la energía solar*. España. Recuperado de <http://www.pamplona.es/pdf/aprovechamientoenergiasolar.pdf>
5. De León Morales, V. H. (2008). *Generación eléctrica fotovoltaica en la facultad de ingeniería usac y estudio del aprovechamiento*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
6. Echeverría Barrios, J. M. (2004). *Análisis de las variables relacionadas con el diseño de un calentador solar para climatizar piscinas*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

7. FAO Guatemala. (Sin Fecha). *Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/t2363s/t2363s0w.htm>
8. García Prado, R. A. (2008). *Caracterización Energética de Guatemala*. (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
9. Leiva Valle, L. A. (2009), *Diseño de un sistema de costos estándar en una industria avícola dedicada al engorde de pollo*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
10. Luna, P. (2010), *Crianza y Comercialización de pollos*. (Trabajo final de Diplomado). Instituto de Altos Estudios, Barcelona, España.
11. Montenegro González, R. H. (2006). *Implementación de sistemas de energía eólica y solar en sitios remotos de Cocesna en Guatemala*. (Tesis de maestría). Universidad Mariano Gálvez, Guatemala.
12. Oviedo-Rondón. E.O. (Sin Fecha). *Ahorro energético en granjas avícolas*. Recuperado de http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/ahorro_energetico_dr_edgar_oviedo_texto_46_symp_aeca.pdf
13. Pérez, J. M. (1997). *Análisis de Sostenibilidad de la Industria Avícola en Guatemala*. Guatemala: Lawrence Pratt.
14. Riertti, A. (2012). *Energía Solar*. Recuperado de: <http://energiasolarismr.blogspot.com/>

15. Ríos Arriola, L. R. (1999). *Estudio sobre la utilización y almacenaje de la energía solar, precauciones y mantenimiento en los sistemas fotovoltaicos*. (Tesis de licenciatura). Universidad Francisco Marroquín, Guatemala.

16. Romero Tous, M. (2009). *Energía Solar Térmica*. Barcelona, España: Ediciones CEAC.

